

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 196 17 102 A 1

51 Int. Cl.⁸:
H02J 17/00
A 61 N 1/08
A 61 N 1/36
A 61 B 5/00
A 61 B 5/07
H 04 B 1/59

21 Aktenzeichen: 196 17 102.4
22 Anmeldetag: 19. 4. 96
43 Offenlegungstag: 23. 10. 97

DE 196 17 102 A 1

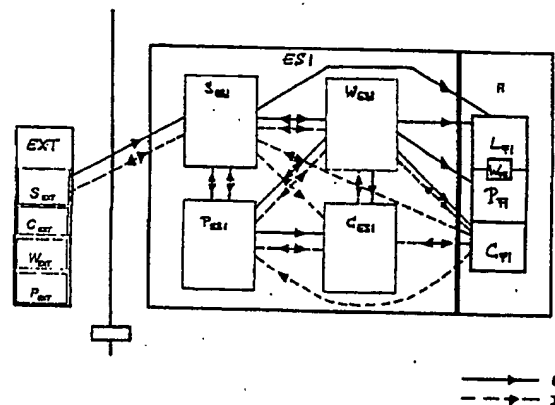
71 Anmelder:
Klausing, Michael, Dr., 14197 Berlin, DE
74 Vertreter:
PFENNING MEINIG & PARTNER, 10707 Berlin

72 Erfinder:
gleich Anmelder
56 Entgegenhaltungen:
DE 44 42 209 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur elektronischen Energieeinspeisung

57 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur elektronischen Energieeinspeisung in von außen nicht ohne weiteres zugängliche energieverbrauchende Funktionseinheiten, beispielsweise in den menschlichen Organismus implantierte elektronische Apparate, wie Herzschrittmacher, Defibrillatoren, elektrische Dosimeter und dergleichen. Die implantierte elektrische Funktionseinheit (FI) wird von einem Energieversorger (ESI) mit Energie versorgt, der direkt bei oder auch räumlich getrennt von, jedoch elektrisch verbunden mit der Funktionseinheit in dem Organismus angeordnet sein kann. Dieser Energieversorger besitzt eine Empfangseinrichtung (S_{ESI}) für elektromagnetische Wellen mit Frequenzen zwischen 5×10^{10} Hz und 10×10^{16} Hz. Diese Empfangseinrichtung empfängt von außen einlaufende elektromagnetische Wellen natürlichen oder künstlichen Ursprungs, wandelt diese in elektrische Energie um und stellt diese elektrische Energie dem Energieversorger und der Funktionseinheit zur Verfügung. Der erfindungsgemäße Energieversorger und das mit ihm verbundene Funktionsimplant sind weitgehend von Batterien unabhängig. Sämtliche Bauelemente können auch raum- und energiesparend in heterostrukturierter Halbleitertechnik ausgeführt sein. Durch Austausch von elektromagnetischen Wellen im GHz- und THz-Bereich zwischen einer externen Steuereinheit und dem Energieversorger ist auch eine komplexe Steuerung und Datenerfassung des Funktionsimplantats vorgesehen.



DE 196 17 102 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur elektronischen Energieeinspeisung in von außen nicht ohne weiteres zugängliche energieverbrauchende Funktionseinheiten, wie in den menschlichen Organismus implantierte elektronische Apparate, beispielsweise Herzschrittmacher, elektrische Dosimeter oder dergleichen.

Die moderne Medizin zeichnet sich durch eine Vielzahl von Vorschlägen und Realisierungsversuchen aus, auch Erkenntnisse der modernen Elektronik zur Anwendung zu bringen. Funktionen oder wenigstens Teilfunktionen bestimmter Organe, wie beispielsweise des Herzens, des Bewegungsapparates, der Drüsen oder auch des Nervensystems und dergleichen mehr könnten bzw. können mit Hilfe modernster Elektronik und Medizintechnik dort aufrechterhalten oder verbessert werden, wo zum Beispiel traditionelle medikamentöse Behandlung für eine sichere Funktionsfähigkeit der betreffenden Organe nicht mehr ausreicht. Ein seit längerer Zeit bewährtes Paradebeispiel hierfür sind implantierte Herzschrittmacher, die bei Herzrhythmusstörungen Möglichkeiten zur Stabilisierung der Herzfrequenz bieten. Bei den in den menschlichen implantierten Vorrichtungen handelt es sich in den meisten Fällen um einfache Impulsgeber, deren Impulsfrequenz einstellbar und in engen Grenzen adaptiv ist und deren Energieversorgung über eine mit implantierte Langzeitbatterie erfolgt. Diese Einmal-Batterien haben eine entsprechend begrenzte Lebensdauer, so daß der Körper in Abständen geöffnet und das Implantat neu bestückt werden muß. Aufgrund der großen Abmessungen der Energieversorgungssysteme ist oftmals auch keine organspezifische Platzierung der unterstützenden Funktionsimplantate möglich.

Um den Zeitraum zwischen einzelnen chirurgischen Eingriffen zum Austausch der Einmal-Batterie zu verlängern, werden für derartige Funktionsimplantate gewöhnlich großvolumige Batterien oder Akkumulatoren mit hoher Speicherkapazität eingesetzt. Derartige Funktionsimplantate können daher nicht in Bereichen verwendet werden, bei denen der für das Implantat zur Verfügung stehende Raum begrenzt ist, wie beispielsweise neurologische Funktionsimplantate im Gehirn. Unter anderem durch die Größe der Langzeit-Batterie ist daher der Verwendung von elektronischen Funktionsimplantaten eine durch die Entwicklung der Speichertechnik für elektrische Energie vorgegebene Grenze gesetzt.

Es sind Versuche bekannt, die Einmal-Batterie eines Funktionsimplantates durch wiederaufladbare Akkumulatoren zu ersetzen, wobei die Aufladung des in den Körper implantierten Akkumulators drahtlos, und zwar induktiv, von außen erfolgt, wie beispielsweise von Gaihen et al. (Biomed. Technik 39 (1994), S. 251–258) beschrieben. Die bisher mit der induktiven Akkumulatoraufladung erzielten Ergebnisse sind jedoch für die Alltagsroutine des Trägers (Patienten) noch nicht voll zufriedenstellend, so daß die derzeit gängige Praxis noch immer in einem notwendig werdenden Batteriewechsel und damit einem chirurgischen Eingriff in den Körper besteht. Daraus folgt auch, daß Implantate auch deswegen nicht an beliebigen Orten eingesetzt werden können, weil der chirurgische Batteriewechsel nicht immer so einfach möglich ist, wie beim Herzschrittmacher.

Unabhängig von diesem bisher keineswegs zufriedenstellend gelösten Problem der Energieversorgung einer wie auch immer gearteten elektronischen Funktionshil-

fe für ein bestimmtes Humanorgan besteht die Notwendigkeit der programmierbaren Anpassung der Funktionsunterstützung dieses betreffenden Organs an Wechselwirkungen mit anderen Organen bzw. an das Verhalten des Gesamtorganismus, etwa eine bessere Anpassung der Impulsvorgabe des Herzschrittmachers an den momentanen Leistungsbedarf des Implantatträgers. So ist die Soll-Herzfrequenz gegeben durch die Atemfrequenz in Abhängigkeit von Ruhephasen oder durch körperliche Aktivität und dergleichen mehr. Erschwerend für die Vorgabe solcher bedarfs- und leistungsgesteuerter Implantate, wie zum Beispiel Herzschrittmacher, ist hierbei, daß generell leistungsadaptive Funktionshilfen einen je höheren Energiebedarf besitzen, desto multipler und komplizierter die Adaptionsregelung ist, so daß die Lebensdauer der implantierten zugehörigen Batterien weiter herabgesetzt wird.

Wünschenswert und anzustreben ist jedoch, Implantate ohne Rücksicht auf ihren Energiebedarf so auszustatten, daß sie die betreffenden Körperfunktionen, für die sie eingesetzt werden, so natürlich wie möglich nachbilden. Darüber hinaus sollten sie auch zusätzliche Funktionen wahrnehmen, wie beispielsweise Selbstüberwachung und Kommunikation nach außen. Daraus folgt, daß insbesondere im neurologischen Bereich, das Implantat die komplexe Aufgabe der Erkennung und Verarbeitung von Signalen, der Beurteilung und Entscheidung über die Situation bzw. über die zu erwartende Entwicklung der Körperfunktionen erfüllen können muß. Daraus ergibt sich naturgemäß, daß sich der Leistungsbedarf, d. h. bei Anwendung der bisherigen Technik die Kapazität und damit das Volumen der zugehörigen Energieversorgung im Batteriebetrieb sich stark erhöht.

Hier setzt die vorliegende Erfindung ein, der die Aufgabe zugrunde liegt, chirurgische Eingriffe aus Gründen aufgebrauchter Batterien zu vermeiden bzw. den Zeitraum zwischen chirurgischen Eingriffen zum Austausch aufgebrauchter Batterien zu verlängern bzw. den Einsatz eines Energiespeichers vollständig zu vermeiden oder auf die Funktion einer Not-Batterie zu reduzieren. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es weiterhin, die Wartung bzw. Reparatur von Funktionsimplantaten zu vereinfachen bzw. ohne chirurgischen Eingriff zu ermöglichen, so daß unter anderem Kosteneinsparungen im medizinischen Sektor realisiert werden können. Weiterhin soll der für Funktionsimplantate zugängliche medizinische Bereich, beispielsweise in der Neurologie, erweitert werden.

Die Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe wird durch das Verfahren gemäß des Oberbegriffs des Anspruchs 1 in Verbindung mit seinen kennzeichnenden Merkmalen sowie durch die entsprechende Vorrichtung gemäß Anspruch 21 erreicht. Die grundlegende erfindungsgemäße Idee besteht darin, daß bei Vorhandensein von elektromagnetischer Feldenergie im Bereich zwischen 5×10^{10} Hz und 10×10^{16} Hz diese über einen geeigneten Empfänger erfaßt und zur berührungslosen Energieversorgung einer mit der Empfangseinrichtung des Energieversorgers verbundenen Funktionseinheit genutzt wird. Die empfangenen elektromagnetischen Wellen mit Frequenzen zwischen 5×10^{10} Hz und 10×10^{16} Hz können dabei elektromagnetische Wellen aus dem auch natürlich vorliegenden Bereich, wie beispielsweise sichtbares Licht bzw. UV-Strahlung oder auch aus extra erzeugter, natürlich nicht vorkommender Strahlung oberhalb bzw. unterhalb dieses Bereichs umfassen. Besonders vorteilhaft ist, daß zur Detektion die-

ser elektromagnetischen Wellen Antennen mit Ausmaßen zwischen 3 nm und 6 mm benötigt werden. Dadurch ist die Baugröße des erfindungsgemäßen Energieversorgers gegenüber herkömmlichen Systemen, die mit induktiven Verfahren arbeiten, stark verringert. Auch durch die mögliche Trennung des Energieversorgers von der energieverbrauchenden Funktionseinheit ergibt sich zusätzlicher räumlicher Spielraum für die Realisierung zusätzlicher Schaltungen für adaptive Regelungen, zur Erzeugung höherer Spannungen/Ladungen zum Beispiel im Bereich der Neurologie oder auch zum Einsatz von Funktionseinheiten in Bereichen, die bisher wegen der Baugröße der Funktionseinheiten herkömmlicher Art nicht dem Einsatz von Funktionsimplantaten zugänglich waren. Die Erfindung ermöglicht folglich die kontinuierliche bzw. aperiodische Energieversorgung einer Funktionseinheit über den mit ihr elektrisch verbundenen Energieversorger, wodurch der Einsatz einer Batterie vermieden bzw. die Größe der als Not-Batterie bzw. als Puffer zu verwendenden Batterie stark verringert werden kann. Dies ermöglicht eine starke Volumenreduzierung der Funktionseinheit bzw. der Energieversorgung selbst unter Annahme, daß aus Sicherheitsgründen noch eine gegenüber dem Stand der Technik verkleinerte Einmal-Batterie vorhanden ist, die für etwa ein Jahr reicht. Eine derartige Platz- und Gewichtersparnis ist nicht nur für Funktionseinheiten an anatomisch "engen" Körperstellen, sondern auch bei Herzschrittmachern oder Defibrillatoren erwünscht, bei denen die Batterie ca. 2/3 des Gesamtvolumens einnimmt. Denkbar ist weiterhin, daß die gesamte Energieaufnahme durch den Energieversorger auf eine bestimmte Lebensdauer, das heißt, einen kumulierten Energiebedarf der Funktionseinheit ausgelegt ist. Dann könnte das System und die Implantatbatterie so ausgelegt sein, daß einerseits wegen der geringen Abmessungen neue Einsatzgebiete möglich sind und andererseits die Energiereserven erst zu einem unkritischen Zeitpunkt aufgezehrt sind, weil die das System gewollt nur lebensverlängernd unterstützende Batterie wie geplant entladen ist.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Verwendung eines zugänglich angeordneten externen Senders ermöglicht es, die zur Energieversorgung der Funktionseinheit benötigten elektromagnetischen Wellen mit Frequenzen zwischen 5×10^{10} Hz und 10×10^{16} Hz auch dann zur Verfügung zu stellen, wenn diese natürlicherweise in der Umwelt des Funktionsimplantats nicht vorkommen. Mit anderen Worten, mit Hilfe eines externen Senders läßt sich eine künstliche Umwelt bedarfsgerecht herstellen, sofern die natürliche Umwelt nicht zur Versorgung der Funktionseinheit genügt. Insbesondere lassen sich dadurch adaptiv hohe Energiedichten bereitstellen, wenn die Funktionseinheit kurzfristig einen höheren Energiebedarf besitzt.

Die Verwendung eines externen, zugänglichen Senders ermöglicht es außerdem, mittels der gesendeten elektromagnetischen Wellen Informationen zu übermitteln bzw., wenn der Empfänger des Energieversorgers auch als Sender, d. h. als Sendeempfänger, ausgelegt ist, Informationen zu empfangen. Dadurch ist es möglich, den Energieversorger und das Funktionsimplantat drahtlos von außen zu programmieren bzw. zu steuern und andererseits fortwährend drahtlos Meßwerte, beispielsweise über physiologische Zustände des Implantatträgers und Rückmeldungen der Funktionseinheit über ihren Funktionszustand nach außen zu übertragen (Biomonitoring). Die von dem Sendeempfänger ausge-

sandten elektromagnetischen Wellen können auch zur Ortung des Sendeempfängers, beispielsweise durch ein satellitengestütztes System wie GPS, verwendet werden. Der Sendeempfänger kann auch für ein solches System spezifische Signale aussenden. Weiterhin kann die Empfangseinheit zur Energieversorgung auf den Empfang bestimmter Frequenzen durch die externe Steuer- und Kontrolleinheit variabel eingestellt werden oder auch so gebaut sein, daß die Empfangseinheit sich automatisch auf die energiereichste Frequenz einstellt.

Besondere Vorteile in Bezug auf die erfindungsgemäße Aufgabe zeigt die Verwendung von Heterohalbleitern für den Sendeempfänger und das Funktionselement. Heterohalbleiter ermöglichen die Miniaturisierung der Schaltung und eine Verringerung des Eigenenergieverbrauchs des Implantats, da mit Hilfe dieser modernen Technik elektronische Schaltungen bezüglich ihrer Bauart, ihres Energieverbrauchs und ihrer Eigenschaften in den Bereich der Quantenelektronik vorstoßen. Insbesondere lassen sich mit Hilfe der Heterohalbleitertechnik kleinste Empfänger (Rezeptoren, Antennen) für elektromagnetische Wellen im GHz- und THz-Bereich herstellen, die sich zudem durch eine hohe Bandbreite auszeichnen.

Diese Technik erlaubt es weiterhin, nicht nur die Empfängerschaltung und Verarbeitungslogik sondern auch den Rezeptor bzw. die Antenne selbst auf die zu empfangende Frequenz abzustimmen.

Die Verwendung heterostrukturierter Halbleiterbauelemente erlaubt weiterhin bei Verwendung von Laserlicht zur Energieübertragung eine Anreicherung der Energie aufgrund des Tunneleffektes, beispielsweise für neurologische Funktionsimplantate.

Der Energieversorger kann optional einen Wandler zur Umwandlung verschiedener Energieformen, einen Puffer, beispielsweise eine Batterie oder einen Akkumulator und eine mikroprozessorgesteuerte Schaltung zur Steuerung des gesamten Energieversorgers und zur programmierbaren Anpassung der Funktionen des Energieversorgers an die Bedürfnisse der Funktionseinheit beinhalten. Die Energieeinspeisung durch den externen, zugänglichen Sender kann kontinuierlich oder auch aperiodisch erfolgen. Sie kann bei kontinuierlicher Einspeisung den gesamten Energiebedarf der Funktionseinheit befriedigen oder auch lediglich andere, beispielsweise körpereigene Energiequellen, wie beispielsweise mechanische, chemische oder elektrische Energie des Organismus, ergänzen. Durch aperiodische Energieeinspeisung kann beispielsweise ein erhöhter, zusätzlicher Energiebedarf gedeckt werden, der in bestimmten Funktionszuständen der Funktionseinheit auftritt.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann insbesondere unter Verwendung entsprechender Funktionseinheiten als Kontroll- und/oder Steuerverfahren zur Energieübertragung, Informationsverarbeitung, Datenübermittlung, Prozeßsteuerung oder biochemischen Analytik, beispielsweise im tierischen oder menschlichen Organismus verwendet werden.

Nachfolgend soll ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel eines rechnergestützten Energieversorgers näher beschrieben werden.

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Energieversorgung einer implantierten Funktionseinheit.

Fig. 1 zeigt einen rechnergestützten Energieversorger ESI für eine Funktionseinheit FI. Dieser besteht aus einem Sendeempfänger SES₁, einem Wandler WE_{SI}, einem Puffer PE_{SI} und einer mikroprozessorkontrollierten Steuerschaltung CE_{SI}. Sämtliche vier Elemente des

rechnergestützten Energieversorgers ESI sind in heterostrukturierter Halbleitertechnik ausgeführt und besitzen daher eine minimale Baugröße.

In Fig. 1 bedeuten durchgezogene Linien den Fluß von Energie E zwischen zwei Komponenten in Richtung der eingezeichneten Pfeile und gestrichelte Linien den Fluß bzw. die Übermittlung von Informationen I zwischen zwei Bauelementen in Richtung der mit der gestrichelten Linie verbundenen Pfeile.

Der Sendeempfänger SESI empfängt elektromagnetische Wellen mit Frequenzen zwischen 5×10^{10} Hz und 10×10^{16} Hz, das heißt mit Wellenlängen zwischen 1,5 mm und 3 nm. Detektoren für derartig kurze Wellenlängen können besonders gut und einfach in heterostrukturierter Halbleitertechnik hergestellt werden. Der Sendeempfänger SESI identifiziert die empfangenen Wellenlängen und unterscheidet zwischen dem Energieanteil und der mit dieser elektromagnetischen Welle vermittelten Information. Weiterhin identifiziert er diese Signale und gibt sie als Steuersignale an sämtliche anderen Komponenten des rechnergestützten Energieversorgers bzw. der mit dem Energieversorger verbundenen Funktionseinheit FI weiter. Neben Programmierungs- und Steuersignalen nimmt der Sendeempfänger Energie sowohl für sich selbst als auch für sämtliche anderen Komponenten des Energieversorgers als auch für die Funktionseinheit auf.

Außer von der Umwelt empfängt der Sendeempfänger Informationen auch von sämtlichen anderen Komponenten des rechnergesteuerten Energieversorgers und von der Funktionseinheit und leitet diese Information durch die Abgabe von elektromagnetischen Wellen an einen zugänglich angeordneten, externen Sendeempfänger SEXT weiter. Diese Informationen können Daten über die Funktion bzw. den Zustand des Wandlers WESI, Meßdaten bzw. Informationen über den Programmierungszustand des Computers CESI oder auch Informationen über den Ladezustand etc. des Puffers PESI beinhalten.

Der Sendeempfänger kann vorteilhafterweise Speicherfunktionen für diese Daten besitzen, beispielsweise im Computer CESI, so daß diese bei Bedarf oder auf Anforderung abgerufen werden können.

Damit stellt der Sendeempfänger SESI das Verbindungsglied des Energieversorgers ESI mit der Umwelt, insbesondere mit einer externen Steuer- und Kontrolleinheit EXT dar, die den externen Sendeempfänger SEXT umfaßt.

Die empfangene Energie wird von dem Sendeempfänger in eine für den Energieversorger ESI und die Funktionseinheit FI verwertbare Energieform umgewandelt und diesem direkt zur Verfügung gestellt oder in dem Puffer PESI zwischengespeichert. Dabei besteht eine direkte Verbindung zwischen dem Sendeempfänger SESI und dem Puffer PESI, so daß der Sendeempfänger SESI durch den Puffer PESI beim Ausfall des Wandlers WESI direkt versorgt werden kann bzw. damit der Sendeempfänger SESI den Puffer PESI direkt laden kann.

Der Wandler WESI verarbeitet die ihm von dem Sendeempfänger SESI zur Verfügung gestellte elektromagnetische oder elektrische Energie und wandelt sie in die von der Funktionseinheit FI, dem Sendeempfänger SESI, dem Computer CESI und dem Puffer PESI benötigte Form um. Dabei hängt die Form der erzeugten Energie selbstverständlich von dem jeweiligen Baustein und von ihrer Funktion, beispielsweise Betrieb oder Speicherung ab. Der Wandler WESI wird dabei in seiner Funktion mit dem Bedarf durch die anderen Bauelemente synchroni-

siert, gesteuert und, wenn nötig, auch neu programmiert. Aufgrund seiner vielfältigen Programmierbarkeit übernimmt der Wandler WESI bei Bedarf auch teilweise Funktionen des Sendeempfängers SESI. Dabei ist insbesondere an Funktionen wie Wechselrichten, Gleichrichten, DD-Wandeln, Vervielfachen, Stabilisieren und Umwandeln von Energieformen, beispielsweise von elektrischer in optischer Energie, zu denken. Je nach Ladezustand des Puffers PESI und Betriebszustand des Energieversorgers gibt der Wandler WESI Energie an den Puffer PESI zur Speicherung ab oder bezieht Energie von dem Puffer PESI zur Umwandlung und Weitergabe an die Verbraucher. Der Wandler WESI versorgt ebenfalls den Computer CESI mit Energie und stellt ihm Informationen über seinen Betriebszustand zur Verfügung, die von dem Computer CESI genutzt werden, um den Sendeempfänger SESI, den Puffer PESI, den Wandler WESI sowie die Funktionseinheit FI zu steuern.

Der Puffer PESI besteht aus einem Speichersystem mit einer oder mehreren auch unterschiedlichen Batterien oder einem oder mehreren Akkumulatoren als Pufferelementen und dient der Speicherung von Energie. Die einzelnen Pufferelemente können nach Bedarf beliebig, beispielsweise in Reihe oder parallel, zusammengeschaltet werden. Diese kann zur Überbrückung derjenigen Zeiten verwendet werden, in denen der Sendeempfänger SESI keine elektromagnetischen Wellen empfängt. Außerdem kann durch den Puffer PESI eine Notversorgung der Funktionseinheit aufrechterhalten werden, wenn der Sendeempfänger SESI ausfällt. Umgekehrt kann bei einem Totalausfall der Funktionseinheit FI der Puffer PESI die Energieversorgung des Sendeempfängers SESI solange aufrechterhalten, daß Informationen über den Ausfall der Funktionseinheit FI und über den Zustand des Energieversorgers ESI und der Funktionseinheit FI an den externen Sendeempfänger SEXT übermittelt werden können. Besondere Bedeutung besitzt der Puffer PESI bei kurzfristigen Lastspitzen, die bei besonderem Einsatz der Funktionseinheit FI auftreten können. In diesem Falle kann der Puffer PESI Energie in vermehrter Weise an den Wandler WESI oder direkt an die Bauelemente der Funktionseinheit FI abgeben.

Die mikroprozessorkontrollierte Steuerschaltung CESI ist die Gesamtheit aller mikroprozessorkontrollierten Steuerungen des Energieversorgers. Ihre Aufgabe besteht in der zentralen Verarbeitung aller in dem Energieversorger ESI entstehenden bzw. von dem externen Sendeempfänger SEXT oder der Funktionseinheit FI eintreffenden Daten. Die mikroprozessorkontrollierte Steuerschaltung CESI ist automatisch programmierbar, kann jedoch auch manuell über den externen Sendeempfänger SEXT und den Sendeempfänger SESI programmiert werden. Mit Hilfe der automatischen Programmierung kann eine ständige Anpassung des Gesamtimplantats an beispielsweise physiologische Bedingungen des Implantatträgers erfolgen, während durch die manuelle Programmierung größere Änderungen, die beispielsweise auf Grund einer neuen medizinischen Maßnahme nötig werden, durchgeführt werden können. Auch die mikroprozessorkontrollierte Steuerschaltung CESI wird mit heterostrukturierten Halbleiterbauelementen hergestellt, wodurch sich eine extrem kompakte Bauweise bei geringstem Energieverbrauch und dennoch großer Rechenleistung ergibt. Auf diese Weise sind komplexe, adaptive Prozeßsteuerungen auch bei geringem Energieverbrauch möglich.

Die Energieversorgung der mikroprozessorkontrollierten

lierten Steuerschaltung CESI erfolgt üblicherweise durch den Puffer PESI bzw. bei Bedarf auch durch direkte Energieübertragung von dem Wandler PESI. Er sendet seinerseits Steuerinformationen bzw. Programmierungsinformationen an die anderen Komponenten des Energieversorgers ESI und erhält Informationen über den Funktionszustand dieser Komponenten. Er ist ebenfalls mit der Funktionseinheit FI verbunden und empfängt von dieser Meßdaten und Informationen über den Betriebszustand der Funktionseinheit. Auf Grund ihrer großen Rechenleistung kann die mikroprozessorkontrollierte Steuerschaltung CESI auch mehrere Funktionseinheiten gleichzeitig steuern, so daß auch eine nachträgliche Ausrüstung bzw. ein Auswechseln einer Funktionseinheit möglich ist, ohne zugleich den Energieversorger ESI auszuwechseln. Es ist dann lediglich eine Neuprogrammierung der mikroprozessorkontrollierten Steuerschaltung CESI von außen über den externen Sendeempfänger SEXT und den Sendeempfänger SESI nötig. Auf die gleiche Art und Weise können Sollwertkorrekturen oder Programmänderungen in der mikroprozessorkontrollierten Steuereinheit CESI oder in der Funktionseinheit FI durchgeführt werden.

Die Funktionseinheit FI besteht aus einem Puffer PFI, einem Computer CFI, einem Wandler WFI und einem die Funktion der Funktionseinheit FI realisierenden Verbraucher LFI. Dieser Verbraucher LFI kann auch räumlich von sämtlichen anderen Komponenten des Energieversorgers ESI und/oder der Funktionseinheit FI getrennt werden. Der Puffer PFI dient der Energieversorgung der Funktionseinheit FI im Falle eines Versagens des Energieversorgers ESI. Er kann zugleich auch Funktionen des Puffers PESI bzw. des Energieversorgers ESI übernehmen. Hierdurch und durch eine adaptive Energiewandlung durch den Wandler WFI wird jederzeit eine bedarfsadaptive Energieversorgung des Verbrauchers LFI gewährleistet. Der Computer CFI dient der Steuerung der Funktionseinheit FI und wird im Regelfalle von dem Puffer PFI mit Energie versorgt. Sollte der Puffer PFI ausfallen, so besteht eine Notversorgung des Computers CFI direkt durch den Wandler WESI.

Die externe Einheit EXT, die aus dem Sendeempfänger SEXT, einem Computer CEXT, einem Wandler WEXT und einem Puffer PEXT besteht, wird nur temporär benötigt, um dem Energieversorger bzw. Informationen zu übermitteln bzw. von dem Energieversorger Informationen abzufragen. Die externe Einheit unterliegt bezüglich der Baugröße nicht den Einschränkungen des implantierten Energieversorgers ESI oder der implantierten Funktionseinheit FI und kann daher in komfortabler Weise zur Visualisierung der übermittelten Informationen mit Bedienelementen und einem Bildschirm ausgestattet sein. Ihren Energiebedarf deckt die externe Einheit EXT dabei aus dem Puffer PEXT, dessen Energie von dem Wandler WEXT in die von den anderen Komponenten der externen Einheit EXT benötigte Form umgewandelt wird. Dabei wird die externe Einheit von dem Computer CEXT gesteuert. Alternativ zu der Energieversorgung durch den Puffer PEXT kann die Energieversorgung der externen Einheit EXT auch durch Anschluß beispielsweise an das öffentliche Niederspannungsnetz erfolgen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur elektronischen Energieeinspeisung in von außen nicht ohne weiteres zugängliche elektronische Funktionseinheiten (FI), wie Schalt-

Steuer- oder Sensoreinheit, beispielsweise in den menschlichen Organismus implantierte medizinisch-technische Apparate wie Herzschrittmacher, elektrische Dosimeter oder dergleichen, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionseinheit (FI) von einem mit der Funktionseinheit elektrisch verbundenen Energieversorger (ESI) mit Energie versorgt wird, der eine Empfangseinrichtung (SESI) für elektromagnetische Wellen mit Frequenzen zwischen 5×10^{10} Hz und 10×10^{16} Hz umfaßt, wobei von der Empfangseinrichtung von außen einlaufende elektromagnetische Wellen mit Frequenzen zwischen 5×10^{10} Hz und 10×10^{16} Hz empfangen und von dem Energieversorger elektronisch in elektrische Energie umgesetzt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mittels eines zugänglich angeordneten externen Senders (SEXT) für elektromagnetische Wellen eine elektromagnetische Welle mit einer Frequenz zwischen 5×10^{10} Hz und 10×10^{16} Hz in Richtung des mit der Funktionseinheit verbundenen Energieversorgers (ESI) abgestrahlt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem zugänglich Sender (SEXT) und der Empfangseinrichtung (SESI) mittels elektromagnetischer Wellen Informationen übermittelt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Übermittlung von Informationen zwischen der Empfangseinrichtung und dem zugänglich Sender elektromagnetische Wellen mit Frequenzen zwischen 5×10^{10} Hz und 10×10^{16} Hz verwendet werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Übermittlung von Informationen zwischen der Empfangseinrichtung und dem zugänglich Sender Digitalfunk innerhalb als auch in herkömmlichen Frequenzbändern außerhalb des für die Energieübertragung verwendeten Frequenzbereichs verwendet wird.

6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die von der Empfangseinrichtung empfangenen elektromagnetischen Wellen unterschieden werden bezüglich des Informations- bzw. des Energiegehaltes.

7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die von der Empfangseinrichtung zur Verfügung gestellte Energie von einem zum Energieversorger gehörigen Wandler (WESI) gewandelt und dann der Funktionseinheit und den Elementen des Energieversorgers zur Verfügung gestellt wird.

8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die von der Empfangseinrichtung zur Verfügung gestellte Energie zumindest teilweise und/oder zeitweise direkt oder über den Wandler (WESI) einem Energiepuffer (PESI) zugeleitet und in dem Energiepuffer gespeichert wird.

9. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionen der einzelnen Elemente des Energieversorgers und/oder der Funktionseinheit durch eine zu dem Energieversorger gehörige, mikroprozessorgesteuerte und/oder programmierbare Schaltung (CESI) gesteuert, geregelt und/oder über-

wacht wird.

10. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Energieversorger (ESI), der Funktionseinheit (FI) und/oder dem externen Sender (SEXT) heterostrukturierte Halbleiterbauelemente verwendet werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die mikroprozessorgesteuerte Schaltung (CESI) entsprechend den Anforderungen der Funktionseinheit (FI) über den zugänglichen Sender (SEXT) und die Empfangseinrichtung (SESI) programmiert wird.

12. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionseinheit (FI) von dem Wandler (WESI) und/oder von dem Energiepuffer mit Energie versorgt wird.

13. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionseinheit (FI) die Funktion des Wandlers beeinflusst und/oder die mikroprozessorgesteuerte Schaltung beeinflusst bzw. umprogrammiert.

14. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zugängliche Sender elektromagnetische Wellen unterschiedlicher Frequenz aussendet.

15. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 2 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangseinrichtung (SESI) sich automatisch auf den von dem zugänglichen Sender verwendeten Frequenzbereich für die elektromagnetische Welle einstellt.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung auf den Frequenzbereich mikroprozessorgestützt erfolgt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, daß Empfang und/oder Umsetzung der von außen einlaufenden elektromagnetischen Energie getrennt und/oder adaptiv auf den von dem zugänglichen Sender verwendeten Frequenzbereich für die elektromagnetische Welle eingestellt wird.

18. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangseinrichtung (SESI) bedarfsgesteuert den Energieempfang unterbricht.

19. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Energieeinspeisung kontinuierlich erfolgt.

20. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Energieeinspeisung periodisch erfolgt.

21. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Energieeinspeisung bedarfsgesteuert aperiodisch erfolgt.

22. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Energieeinspeisung von dem zugänglichen Sender (SEXT) zu der Empfangseinrichtung (SESI) auf Anforderung der Funktionseinheit (FI) erfolgt.

23. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß von der Empfangseinrichtung Licht im infraroten, sichtbaren und/oder ultravioletten Bereich empfangen wird.

24. Verwendung des Verfahrens nach mindestens

einem der vorhergehenden Ansprüche im medizinisch-technischen Bereich zur Ergänzung anderer körpereigener oder nichtnachladbarer künstlicher Energiequellen zur Versorgung von Funktionseinheiten (FI) mit Energie.

25. Verwendung des Verfahrens nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche zur Energieübertragung, Informationsverarbeitung, Datenübermittlung, Prozeßsteuerung, biochemischen Analytik, Steuerung, Stützung oder Verbesserung biologischer Funktionen und Therapeutik.

26. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 23, gekennzeichnet durch einen Energieversorger (ESI), der mindestens eine Empfängereinrichtung (SESI) für den Empfang von elektromagnetischen Wellen mit Frequenzen zwischen 5×10^{10} Hz und 10×10^{16} Hz umfaßt.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, gekennzeichnet durch einen externen, zugänglich angeordneten Sender für elektromagnetische Wellen mit Frequenzen zwischen 5×10^{10} Hz und 10×10^{16} Hz.

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Energieversorger (ESI) einen Energiepuffer (PESI) und/oder einen Wandler (WESI) für elektrische Energie und/oder eine mikroprozessorgesteuerte und/oder programmierbare Schaltung (CESI) umfaßt.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiepuffer (PESI) aus mehreren Pufferelementen besteht.

30. Vorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Pufferelemente räumlich getrennt voneinander angeordnet sind.

31. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 28 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiepuffer (PESI) und die Empfangseinrichtung (SESI) miteinander verbunden, jedoch räumlich getrennt voneinander angeordnet sind.

32. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 26 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß der externe Sender (SEXT) die Empfangseinrichtung (SESI) und/oder die Funktionseinheit (FI) in heterostrukturierter Halbleitertechnik ausgeführt sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

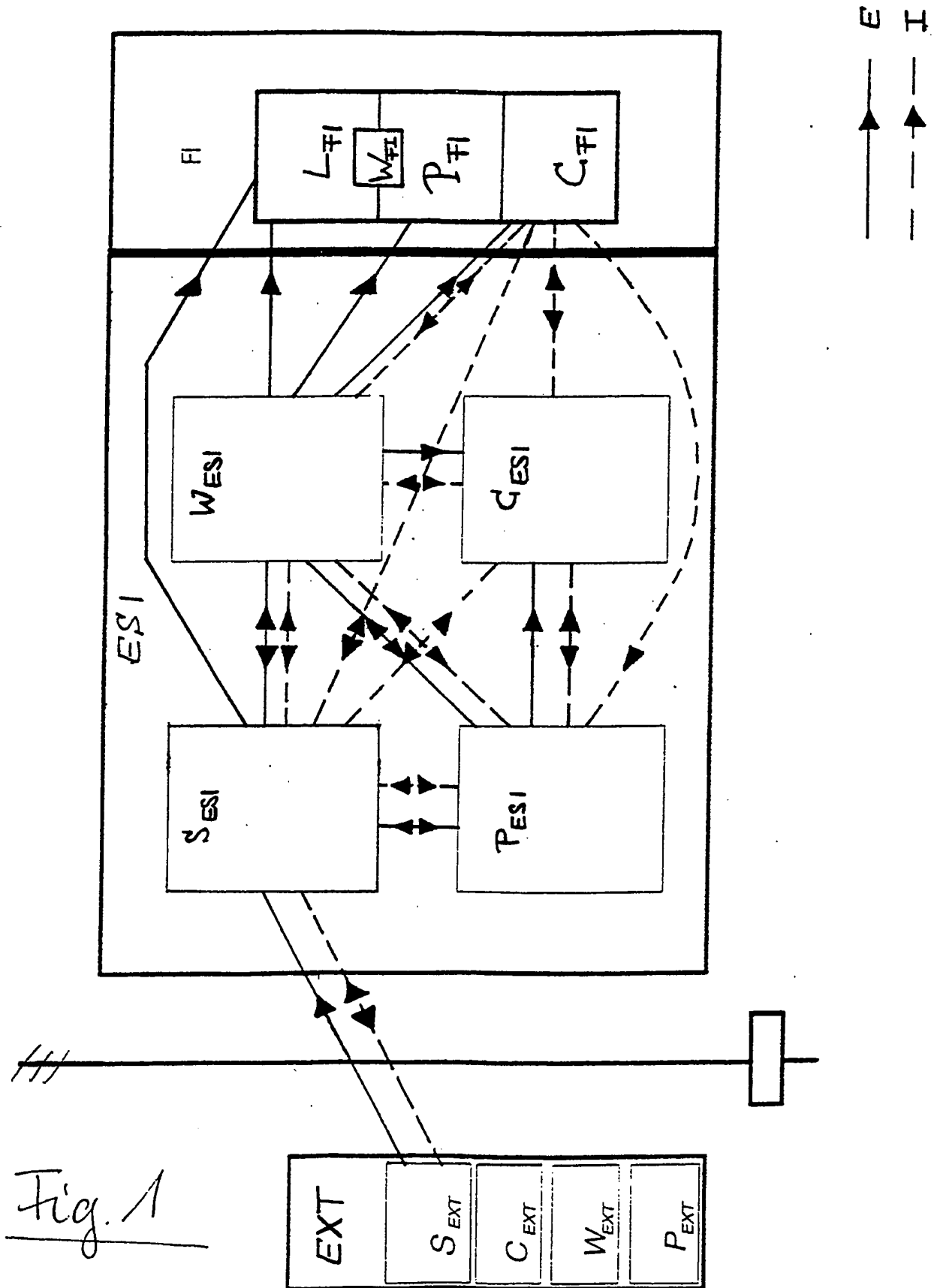


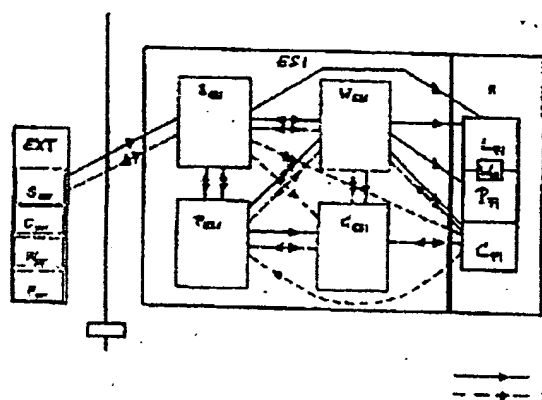
Fig. 1

Electronic energy supply method e.g. for pacemaker

Patent number: DE19617102
Publication date: 1997-10-23
Inventor: KLAUSING MICHAEL DR [DE]
Applicant: KLAUSING MICHAEL DR [DE]
Classification:
- international: H02J17/00; A61N1/08; A61N1/36; A61B5/00; A61B5/07;
H04B1/59
- european: A61F2/02D; A61N1/08; A61N1/378C; H02J17/00
Application number: DE19961017102 19960419
Priority number(s): DE19961017102 19960419

Abstract of DE19617102

The method involves using an energy supplier (ESI) for supplying function units (FI), such as control or sensor units, with electrical power. The energy supplier includes a receiver unit (S ESI) for electromagnetic waves with frequencies between 5×10 power 10 Hz and 10×10 power 16 Hz. The receiver receives incoming electromagnetic high frequency waves. The waves are converted to electric power by the energy supplier. Preferably, an accessibly arranged transmitter (S EXT) is arranged to transmit electromagnetic waves with a frequency between 5×10 power 10 Hz and 10×10 power 16 Hz, in the direction of the energy supplier. Information are transmitted between the accessible transmitter and the receiver unit using electromagnetic waves.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide